Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 2, Summer. 2019, p. 305-316

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص. ۳۱۶-۳۰۵

تأثیر بیوچار، پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی با آب و سالیسیلیک اسید بر عملکرد گلرنگ در شرایط دیم

عبداله ساجدی[1*]، نورعلی ساجدی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۵/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۲۲

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر بیوچار و پرایمینگ بذر با آب و سالیسیلیک اسید توأم با محلول‌پاشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن گلرنگ در شرایط دیم، آزمایشی به‌صورت اسپلیت- اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی اراک انجام شد. عوامل آزمایشی شامل بیوچار در سه سطح (عدم مصرف، ۵ و۱۰ تن در هکتار)، پرایمینگ بذر در سه سطح (بدون پرایمینگ، پرایمینگ بذر با آب مقطر و پرایمینگ بذر با محلول ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) و محلول‌پاشی در دو سطح (با آب و محلول ۱ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) بودند. نتایج نشان داد با مصرف ۵ و ۱۰ تن در هکتار بیوچار، درصد ظهور گیاهچه نسبت به شاهد به‌ترتیب ۲۳/۷ و ۴۰/۴ درصد افزایش یافت. پرایمینگ بذر همراه محلول‌پاشی با آب تعداد طبق بارور در بوته را نسبت به شاهد ۱۳/۹ درصد افزایش داد. بیشترین تعداد دانه در طبق از مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار و پرایمینگ با آب مقطر حاصل شد. با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار همراه پرایمینگ با آب یا سالیسیلیک اسید، عملکرد دانه به‌ترتیب ۲۲/۴ و ۸/۷ درصد نسبت به شاهد (عدم پرایمینگ و عدم مصرف بیوچار) افزایش یافت. بیشترین درصد روغن از مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار و پرایمینگ با آب توأم با محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید حاصل شد. به‌طور کلی نتایج نشان داد که با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار و پرایمینگ با آب توأم با محلول‌پاشی می‌توان به عملکرد کمی و کیفی مطلوب گلرنگ در شرایط دیم دست یافت.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، پیش‌تیمار بذر، درصد روغن، دانه روغنی، کشت دیم

مقدمه

گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) یکی از قدیمی‌ترین محصولات زراعی است که به‌منظور تولید روغن کشت می‌شود و به علت داشتن خاصیت خشکی‌پسندی جزئی و سیستم ریشه‌ای متراکم و عمیق، کارایی بالایی در استفاده از رطوبت خاک دارد (Das *et al*., 2017). روغن گلرنگ از کیفیّت بسیار بالایی برخوردار است که علت آن دارا بودن اسیدهای چرب غیراشباع به‌ویژه اسید اولئیک و لینولئیک است (Weinberg *et al*., 2005).

در مناطق نیمه‌خشک، کاهش رطوبت خاک در اثر عدم بارندگی و افزایش ناگهانی دما از مهم‌ترین عوامل کاهش رشد و نمو گیاهان در شرایط دیم به‌شمار می‌رود. جوانه‌زنی بذر به شدّت تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی به‌ویژه دما و رطوبت خاک قرار می‌گیرد (Soltani *et al*., 2006). پیش‌تیمار بذر یک راهکار متداول به منظور افزایش سرعت، درصد و یکنواختی جوانه‌زنی و سبز شدن بذر در شرایط نامطلوب محیطی محسوب می‌شود (Patade *et al*., 2011). بذرهای خیس شده نسبت به بذرهای خیس نشده سرعت جوانه‌زنی بالاتری دارند، بنابراین با تسریع در جوانه‌زنی و یکنواختی سبز شدن، گیاه زراعی با موفّقیّت بیشتری استقرار می‌یابد. استقرار به‌هنگام و مناسب در هر دو شرایط تنش و بدون تنش ضروری می‌باشد (Ashraf and Foolad, 2005). در شرایط مزرعه هیدروپرایمینگ (پرایمینگ با آب) بذر نسبت به اسمو (پرایمینگ با محلول‌های اسمزی) و ماتریک پرایمینگ (پرایمینگ با مواد جامد) از هزینه کمتری برخوردار می‌باشد و به‌راحتی توسط کشاورزان انجام می‌شود (Harris, 2006). پرایمینگ بذر با تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی به‌ویژه سالیسیلیک اسید که یک القاءکننده مهم مقاومت در برابر بیماری‌ها و آفات است، تأثیر معنی‌داری روی کیفیّت و عملکرد بذر می‌گذارد (Soliman *et al*., 2016). سالیسیلیک اسید نقشی کلیدی در واکنش‌های سازگاری گیاهان به تنش اسمزی، شوری بالا، تنش اکسیداتیو، درجه حرارت بالا و تنش یخزدگی ایفا می‌کند (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2012). پیش‌تیمار با سالیسیلیک اسید نمی‌تواند به‌طور کامل از آسیب ناشی از تنش جلوگیری کند، امّا تا حدودی باعث کاهش آسیب‌های ناشی از تنش‌های محیطی در گیاهان می‌شود (Sakhabutidnova *et al*., 2003). سطوح مختلف استیل سالیسیلیک اسید به‌عنوان ضد

۱- باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: abdollahsajedi@yahoo.com)
DOI: 10.22067/gsc.v17i2.74484

تعرق عمل می‌کنند و از باز شدن روزنه‌ها جلوگیری می‌نماید (Larque-Saavedra, 1979). در تحقیقی، پیش‌تیمار بذر سویا (*Glycine max* L.) با سالیسیلیک اسید باعث گلدهی زوتر، تعداد گل بیشتر، تعداد غلاف بیشتر و درنتیجه افزایش عملکرد شد (Sharma *et al*., 1993).گزارش شده است که پیش‌تیمار بذر کلزا (*Brassica napus*) با غلظت ۱۵۰۰ میکرومولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار درصد ظهور گیاهچه، وزن تر و خشک گیاهچه، سطح برگ، ارتفاع بوته و وزن مخصوص برگ شد (MiarSagegi *et al*., 2010).

کاهش حفظ محتوای رطوبت خاک و بهبود قابلیت دسترسی برای گیاه یک عامل بحرانی برای تولید کشاورزی پایدار خواهد بود. تبدیل زیست‌توده به بیوچار و اضافه کردن آن به خاک‌های کشاورزی می‌تواند باروری خاک را از طریق تثبیت کربن بهبود دهد، گزارش شده است که با مصرف بیوچار به دلیل افزایش اشباع بازی خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی و افزایش آب قابل دسترس گیاه، عملکرد ذرت از ۱۷ به ۲۱ درصد افزایش یافت (Cornelissen *et al*., 2013). بیوچار حاصل فرآیند تخریب گرمایی مواد طبیعی در غیاب اکسیژن یا کمبود آن (آتشکافت یا پیرولیز) در دمای بالا می‌باشد و به‌عنوان اصلاح‌کننده و بهبوددهنده خصوصیات خاک استفاده می‌گردد (Lehmann and Joseph, 2009). کاربرد بیوچار در خاک می‌تواند خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها از قبیل ظرفیت تبادل کاتیونی، توزیع اندازه منافذ، ساختمان خاک، وزن مخصوص ظاهری، هدایت هیدرولیکی و نگهداری آب خاک را بهبود (Lu *et al*., 2014; Omondi *et al*., 2016) و قابلیت جذب عناصر غذایی خاک را افزایش دهد (Dai *et al*., 2017; Gul and Whalen, 2016). افزایش عملکرد با کاربرد بیوچار در محیط‌های کنترل‌شده و مزرعه توسط محققین گزارش شده است (Blackwell *et al*., 2009). با کاربرد ۲/۵، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ۴۰ تن در هکتار بیوچار حاصل از کاه گندم، در منطقه نیمه‌گرمسیری با میانگین بارندگی سالانه ۱۵۴۹ میلی‌متر و میانگین دما سالانه ۱۷/۲ درجه سلسیوس، عملکرد کلزا به‌ترتیب نسبت به شاهد ۱۶/۲۱، ۲۱/۱۵، ۲۷/۹۹، ۲۴/۶۰، ۳۳/۲۰، ۳۶/۰۲ درصد افزایش یافت (Liu *et al*., 2014). نظر به اینکه در مناطق نیمه‌خشک کشور حفظ رطوبت حاصل از بارندگی‌ها در خاک از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد و تحقیقات بسیار کمی در زمینه تاثیر بیوچار توام با پرایمینگ در شرایط دیم در کشور انجام شده است، بنابراین این آزمایش به‌منظور بررسی تاثیر کاربرد بیوچار و پرایمینگ بذر با آب مقطر و سالیسیلیک اسید توأم با محلول‌پاشی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن گلرنگ در شرایط دیم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک با طول جغرافیایی ۴۰ درجه و ۴۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و۳۰ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۷۳۰ متر از سطح دریا اجرا شد. خصوصیّات اقلیمی منطقه کشت در جدول ۱ ارایه شده است.

عوامل مورد آزمایش شامل بیوچار در سه سطح (عدم مصرف، ۵ و۱۰ تن در هکتار)، در کرت‌های اصلی، پرایمینگ بذر در سه سطح (بدون پرایمینگ، پرایمینگ بذر با آب مقطر و محلول ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) در کرت‌های فرعی و محلول‌پاشی در دو سطح (محلول‌پاشی با آب و محلول‌پاشی با محلول یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید) در کرت‌های فرعی فرعی بودند. قبل از کاشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و به آزمایشگاه خاک و آب اراک پژوهش ارسال گردید. نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۲ ارایه شده است.

در این آزمایش از گلرنگ رقم محلی اصفهان استفاده شد. بذرهای گواهی شده سال ۱۳۹۵ از شرکت کشت دانه‌های روغنی با ۹۸ درصد خلوص و حداقل قوه نامیه ۷۵ درصد تهیه شد. عملیات کاشت به‌صورت دستی در تاریخ ۱۳۹۵/۱۲/۲۳ در عمق ۴-۳ سانتی‌متری انجام شد. هر کرت شامل هشت ردیف کاشت به طول ۵ متر بود. کاشت بذرها در داخل شیارها انجام شد. فاصله بین ردیف‌ها ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بذور روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. زمین مورد آزمایش در سال قبل آیش بود و لذا هیچ نوع کودی در این آزمایش استفاده نشد. قبل از کاشت، تیمارهای بیوچار در داخل شیار در عمق ۱۵ سانتی‌متری و در زیر بذر قرار داده شد و با خاک مخلوط گردید. بیوچار از کارخانه کربن اکتیو بشل واقع در منطقه سواد کوه استان مازندران تهیه شد. بر اساس اطلاعات درج شده در برچسب تجاری مشخصات بیوچار به شرح زیر بود. مواد اولیه سلولزی طبیعی با پایه جنگلی که تحت فرآیند اکتیواسیون و پیرولیز به‌صورت فعال شده با ابعاد ۲۰ تا ۵۰ نانومتر، قدرت جذب آب ۴ تا ۴/۵ برابر و مدت ماندگاری در خاک ۸ تا ۱۰ سال، عدد ید ۱۸۰-۱۵۰ میلی‌گرم بر گرم بیوچار، میزان جذب سطحی ازت بر اساس روش B.E.T، ۱۵±۱۴۰ متر مربع به‌ازای هر گرم بیوچار، pH برابر ۸/۵ می‌باشد. برای پرایمینگ، بذرها به مدت ۱۲ ساعت در محلول‌های ذکر شده پیش‌تیمار شدند، سپس در سایه در دمای اتاق پهن و خشک شدند و اقدام به کشت گردید. محلول‌پاشی با آب و سالیسلیک اسید بر اساس ۴۰۰ لیتر در هکتار انجام شد. حجم محلول مورد استفاده با توجه به سطح مورد استفاده برای آب و سالیسیلیک اسید ۱۵ لیتر بود. در دو مرحله رویشی (طویل شدن ساقه) و شروع طبق‌دهی (تکمه‌دهی) در ساعت ۱۷ انجام شد. در زمان رسیدگی کامل از هر کرت ۱۰ بوته برای اندازه‌گیری صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد به‌طور

تصادفی انتخاب شد. به‌منظور اندازه‌گیری روغن دانه، ۱۰ گرم از دانه‌های گلرنگ در حلال پترولیوم اتر حل گردید و با دستگاه سوکسله به مدت ۴ ساعت عصاره‌گیری شد. در داخل بالن عمل تغلیظ عصاره انجام شد و بالن حاوی عصاره وزن گردید. سپس با دستگاه دوار تقطیر در خلاء صورت گرفت و بالن حاوی روغن وزن شد. تفاوت بین وزن بالن‌های حاوی روغن بیانگر روغن استخراج شده بود که به صورت درصد بیان شد (Omidi *et al*., 2010).

جدول ۱- آمار هواشناسی شهرستان اراک در سال زراعی ۱۳۹۶-۱۳۹۵
Table 1- Metrological data in Arak city in cropping year 2016-2017

ماه‌های سال	Year months	تبخیر ماهیانه Monthly evaporation (mm)	رطوبت نسبی Relative humidity (%)	میانگین درجه حرارت Mean of air temperature (°C)	بارندگی Precipitation (mm)
اسفند ۹۵	March	0	53.45	6.2	35.5
فروردین ۹۶	April	136.7	55.15	8.65	40.8
اردیبهشت ۹۶	May	193.6	48.7	18.45	58.9
خرداد ۹۶	Juan	345.3	27.45	24	0
تیر ۹۶	July	354.2	26.3	27.15	0.2
مرداد ۹۶	August	346.2	24.8	27.2	0
شهریور۹۶	September	277.7	29.4	24.05	0

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 2- Physical and chemical soil properties of the experimental site

عمق خاک Soil depth	هدایت الکتریکی EC	اسیدیته pH	پتاسیم K	فسفر P	روی Zn	آهن Fe	منگنز Mn	نیتروژن کل Total N	کربن آلی OC	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay
(cm)	($dS.m^{-1}$)				($mg\ kg^{-1}$)					(%)		
0-30	0.87	7.7	180	8	2.7	6.5	15.1	0.12	1.2	49	28	23

اعداد خام حاصل از نمونه‌برداری‌ها در طول دوره رشد و در زمان رسیدگی کامل وارد نرم‌افزار Excel شدند و با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه قرار گرفتند. چون صفت درصد ظهور گیاهچه قبل از اعمال تیمار محلول‌پاشی محاسبه شد لذا این صفت به‌صورت اسپلیت پلات تجزیه گردید. سپس میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

درصد ظهور گیاهچه

اثر پرایمینگ بذر بر درصد ظهور گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که پرایمنگ بذر با آب و سالیسیلیک اسید درصد ظهور گیاهچه را نسبت به تیمار عدم پرایمینگ به‌ترتیب ۲۷/۴ و ۴۰ درصد افزایش داد (جدول ۴). با وجود اینکه اثر متقابل بیوچار و پرایمینگ بر درصد ظهور گیاهچه معنی‌دار نشد ولی نتایج نشان داد که با مصرف ۵ و ۱۰ تن در هکتار بیوچار درصد ظهور گیاهچه نسبت به عدم مصرف بیوچار افزایش یافت، همچنین در هر دو سطح مصرف ۵ و ۱۰ تن در هکتار بیوچار، پرایمینگ با آب و سالیسیلیک اسید درصد ظهور گیاهچه رانسبت به تیمارهای مشابه و بدون پرایمینگ افزایش داد (جدول ۵). احتمالاً بیوچار می‌تواند شرایطی را فراهم کند که محتوای رطوبت خاک حفظ شود، بنابراین خصوصاً در خاک‌های شنی (نواحی خشک) می‌تواند ابزار مفیدی برای شروع استقرار بهتر گیاهچه و سبز شدن محصول باشد (Atkinson and Hipps, 2010). در تحقیقی پرایمینگ بذر گندم با آب به مدت ۲۴ ساعت، درصد ظهور گیاهچه را ۴۱/۱۸ درصد نسبت به بذور پرایم نشده افزایش داد. در تحقیق مذکور علت افزایش درصد ظهور گیاهچه در بذور پرایم شده به تسریع در فرآیند جذب آب و شروع فرآیندهای متابولیکی و سنتز DNA و RNA و پروتئین نسبت داده شد (Basra *et al*., 2003). نتایج تحقیق دیگری نشان داد که پرایمینگ بذر با آب درصد ظهور گیاهچه بذرهای نخود (*Cicer arietinum* L.) را ۴۱/۷ درصد افزایش داد (Mansouri and Aboutalebian, 2013). افزایش ظهور گیاهچه در اثر اسمو پرایمینگ می‌تواند ناشی از ترمیم بذرهای زوال‌یافته، بهبود همانندسازی DNA (Bray *et al*., 1989) و کاهش دمای پایه برای جوانه‌زنی باشد (Aboutalebian, 2005).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در گلرنگ تحت تاثیر کاربرد بیوچار، پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی
Table 3- Analysis of variance of measured traits in safflower under application of biochar, seed priming and foliar application

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	ظهور گیاهچه Seedling emergence	ارتفاع بوته Plant height	تعداد طبق در بوته Number of head per plant	تعداد طبق بارور در بوته Number of fertile head per plant	تعدا دانه در طبق Number of grain per head	وزن دانه در بوته Weight of grain per plant	وزن صد دانه 100 kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن Oil percentage
Replicate	تکرار	2	137.94ns	78.92*	14.81**	6.31**	2.53 ns	0.11ns	0.042ns	68852.04 ns	1.58 ns
Biochar (B)	بیوچار	2	40.44ns	9.103ns	33.97 ns	20.43ns	10.42*	14.31 **	0.129ns	733768.97**	3.63 ns
Ea	اشتباه کرت اصلی	4	38.55	14.70	5.99	5.78	1.95	0.33	0.037	25220.49	2.34
Priming (P)	پیش تیمار بذر	2	1575.12**	11.21ns	10.05**	8.81**	4.67 **	0.94 ns	0.086ns	2409.71ns	2.63 ns
B×P	بیوچار × پرایمینگ	4	177.73ns	59.09*	2.64ns	3.67*	46.40**	4.41*	0.262*	241024.70**	2.32 ns
Eb	اشتباه کرت فرعی	12	66.64	12.60	1.24	0.75	0.69	0.89	0.075	25702.92	1.43
Spray (S)	محلول‌پاشی	1	-	2.66 ns	2.84 ns	3.84 ns	7.95*	0.18 ns	0.167ns	6968.77 ns	17.57**
B×S	بیوچار × محلول‌پاشی	2	-	22 ns	7.75 ns	4.64 ns	28.78 **	9.94**	0.171ns	393310.87**	5.07**
P×S	پرایمینگ× محلول‌پاشی	3	-	8.66 ns	31.86**	25.91**	13.99**	17.26 **	0.050ns	852210.71**	3.54**
B×P×S	بیوچار×پرایمینگ× محلول‌پاشی	3	-	7.42 ns	11.22*	3.71ns	5.32*	0.83 ns	0.047ns	100740.71ns	5.41**
Ec	اشتباه کرت فرعی فرعی	18	-	14.35	2.56	1.69	1.56	0.62	0.088	37165.94	0.552
CV	ضریب تغییرات	-	10.3	4.9	13.2	11.9	8.4	15.0	9.7	16.8	3.0

ns، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.
*, ** Significant at 0.05 and 0.01 level of probability, respectively. ns: no significant

ارتفاع بوته

اثر متقابل مصرف بیوچار و پرایمینگ بر ارتفاع بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از تیمار مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار همراه پرایمینگ با آب مقطر و تیمار مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار همراه پرایمینگ با سالیسیلیک اسید حاصل شد که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۵). سلیمانی و همکاران (Soliman *et al*., 2016) گزارش نمودند که پرایمینگ بذر لوبیا با محلول ۰/۵ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید باعث افزایش معنی‌دار در جوانه‌زنی و رشد گیاهچه شد اما پرایمینگ با غلظت ۱ و ۳ میلی‌مولار اثر بازدارنده‌ای روی جوانه‌زنی داشت و رشد گیاهچه را کاهش داد. اثر تحریک‌کنندگی سالیسیلیک اسید می‌تواند مربوط به اثر تنظیم‌کنندگی زیستی آن بر روی فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آن در گیاهان از قبیل افزایش تقسیم سلولی، تمایز و طویل شدن سلول در مریستم انتهایی ریشه گیاهچه و افزایش بیوسنتز موادغذایی آلی باشد که سبب افزایش رشد گیاهچه می‌شود (Abd El-Wahed *et al*., 2006; El-Khallal *et al*., 2009; Delavari *et al*., 2010). در تحقیقی، محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و استیل سالیسیلیک اسید در غلظت ۱۰-۳ مول بر لیتر اثری بر ارتفاع گیاه و طول ریشه در سویا و ذرت نداشت، ولی سطح برگ را افزایش داد (Khan *et al*., 2003). در تحقیق دیگری گزارش شد تیمار با سالیسیلیک اسید اثر معنی‌داری در افزایش ارتفاع گیاه جو نسبت به شاهد نشان نداد (Senaratna *et al*., 2000).

تعداد طبق در بوته

اثر ساده پرایمینگ و اثر متقابل پرایمینگ و محلول‌پاشی بر تعداد طبق در بوته در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده بیوچار و اثر متقابل سه‌گانه تیمارها بر تعداد طبق در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با توجه به نتایج، با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار تعداد طبق در بوته نسبت به شاهد ۱۵/۹ درصد افزایش یافت. نتایج نشان داد که پرایمینگ بذر با آب مقطر تعداد طبق در بوته را نسبت به شاهد ۷ درصد افزایش داد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد طبق در بوته از تیمار مصرف ۵ تن در هکتار بیوچارهمراه پرایمینگ با آب مقطر و محلول‌پاشی با آب حاصل شد که با تیمار مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار همراه پرایمینگ با سالیسیلیک اسید توأم با محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید، پرایمینگ با آب مقطر و بدون مصرف بیوچار و محلول‌پاشی با آب و تیمار مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار توأم با محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و بدون پرایمینگ اختلاف معنی‌داری نداشتند. تیمارهای ذکر شده به‌ترتیب تعداد طبق در بوته را نسبت به تیمار شاهد ۳۹/۶، ۳۴، ۱۸/۸ و ۱۶ درصد افزایش دادند (جدول ۶). در

الگوی کشت ذرت – گندم، در گندم با مصرف ۲۵ تن در هکتار بیوچار، تعداد سنبله در مترمربع ۶/۶۴، تعداد دانه در سنبله ۵/۶ ، وزن هزار دانه ۳/۷۳، عملکرد دانه ۹/۹۶ و عملکرد زیستی ۱۵/۳۶ درصد نسبت به تیمارهای بدون مصرف بیوچار افزایش یافت (Ali *et al*., 2015).

جدول ٤- مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی صفات اندازه‌گیری شده گلرنگ تحت تاثیر کاربرد بیوچار، پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی

Table 4- Mean comparisons of main effects the measured traits in safflower under application of biochar, seed priming and foliar application

تیمارهای آزمایشی Experimental treatment	ظهور گیاهچه Seedling emergence (%)	ارتفاع بوته Plant height(cm)	تعداد طبق بارور در بوته Number of fertile head per plant	تعدا دانه در طبق Number of grain per head	وزن دانه در بوته Weight of grain per plant (g)	وزن صد دانه 100 Kernel weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	درصد روغن Oil percent age (%)
Biochar بیوچار								
B1	78.79a	77.35a	10.83a	14.95ab	5.07b	2.96a	1116.54b	24.44a
B2	77.38a	78.67a	12.00a	15.50a	6.20a	3.09a	1365.97a	25.23a
B3	81.77a	77.57a	9.87a	14.00b	4.44c	3.13a	966.24c	24.47a
Priming پرایمینگ								
P1	64.71b	78.05a	11.02a	14.23b	5.45a	2.99a	1136.25a	24.57a
P2	82.44a	77.00a	11.53a	14.69b	5.25a	3.13a	1157.05a	25.15a
P3	90.58a	78.54a	10.15b	15.52a	5.00a	3.06a	1155.45a	24.42a
Spray محلول‌پاشی								
S1	-	78.08a	11.16a	15.20a	5.29a	3.00a	1160.94a	25.29a
S2	-	77.64a	10.63a	14.43b	5.18a	3.12a	1138.22a	24.14b

B1 (without biochar) عدم مصرف بیوچار
P1 (without priming):بدون پرایمینگ
B2 (application of 5 t/ha biochar) مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار
P2 (priming with distillate water) پرایمینگ با آب مقطر
B3 (application of 10 t/ha biochar) مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار
P3 (priming with salicylic acid) پرایمینگ با سالیسیلیک اسید
S1 (spray with water) محلول‌پاشی با آب معمولی
S2 (spray with salicylic acid) محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by at least one similar letter in each column and each factor, are non- significantly different (P = 0.05) according to Duncan's multiple range test.

تعداد طبق بارور در بوته

اثر ساده پرایمینگ و اثر متقابل پرایمینگ و محلول‌پاشی بر تعداد طبق بارور در بوته در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل بیوچار و پرایمینگ بر تعداد طبق بارور در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار و پرایمینگ نشان داد که با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار همراه پرایمینگ با آب، عدم مصرف بیوچار همراه پرایمینگ با آب و تیمار مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار و بدون پرایمینگ بذر، تعداد طبق بارور در بوته به‌ترتیب نسبت به شاهد (عدم مصرف بیوچار و عدم آماده‌سازی بذر) ۱۷/۸، ۱۱/۷ و ۹/۱ درصد افزایش یافت. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین تعداد طبق بارور از تیمار پرایمینگ با آب همراه محلول‌پاشی با آب حاصل شد که تعداد طبق بارور در بوته را نسبت به شاهد ۱۳/۹ درصد افزایش داد (جدول ۵).

تعداد دانه در طبق

اثر ساده پرایمینگ و اثر متقابل پرایمنگ و محلول‌پاشی بر تعداد طبق در بوته در سطح احتمال یک درصد و اثر ساده بیوچار و اثر متقابل سه‌گانه تیمارها بر تعداد طبق در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با توجه به نتایج، با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار تعداد طبق در بوته نسبت به شاهد ۱۵/۹ درصد افزایش یافت. نتایج نشان داد که پرایمینگ بذر با آب مقطر تعداد طبق در بوته را نسبت به شاهد ۷ درصد افزایش داد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه تیمارها نشان داد که بیشترین تعداد طبق در بوته از تیمار مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار همراه پرایمینگ با آب مقطر و محلول‌پاشی با آب حاصل شد که با تیمار مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار همراه پرایمینگ با سالیسیلیک اسید توأم با محلول‌پاشی سالسیلیک اسید، پرایمینگ با آب مقطر و بدون مصرف بیوچار و محلول‌پاشی با آب و تیمار مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار توأم با محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و بدون پرایمینگ اختلاف معنی‌داری نداشتند.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل دوگانه صفات اندازه‌گیری شده گلرنگ تحت تاثیر کاربرد بیوچار، پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی

Table 5- Mean comparisons of two-way interaction factors the measured traits in safflower under application of biochar, seed priming and foliar application

تیمارهای آزمایشی Experimental treatment	ظهور گیاهچه Seedling emergence (%)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد طبق در بوته Number of head per plant	تعداد طبق بارور در بوته Number of fertile head per plant	تعدا دانه در طبق Number of grain per head	وزن دانه در بوته Weight of grain per plant (g)	وزن صد دانه 100 Kernel weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	درصد روغن Oil percentage (%)
Biochar× Priming									
B1P1	73.46 dc	79.88ab	11.65b	10.90cde	16.61b	5.69b	2.87c	1231.85b	24.43ab
B1P2	54.66e	75.93bc	13.28a	12.18ab	14.42c	5.27bc	3.04abc	1174.78b	25.42a
B1P3	66.00de	76.23abc	10.43b	9.41f	13.81c	4.26cd	2.98bc	943.00c	23.47b
B2P1	77.16bcd	76.06abc	13.25a	11.90abc	11.93d	5.62b	3.26ab	1250.51b	24.73ab
B2P2	86.16abc	81.01a	14.41a	12.85a	17.89a	6.95a	2.98bc	1507.88a	25.71a
B2P3	84.00abc	78.95abc	13.21a	11.25bcd	16.67b	6.02ab	3.03abc	1339.51ab	25.26a
B3P1	85.75abc	78.21abc	11.20b	10.26def	14.15c	5.06bc	2.84c	926.40c	24.31ab
B3P2	91.33ab	74.05c	11.08b	9.56f	11.76d	3.54d	3.37a	788.50c	24.31ab
B3P3	94.66a	80.45ab	10.66b	9.78f	16.07b	4.71cd	3.18abc	1183.81b	24.54ab
Biochar × Spray									
B1S1	-	78.67a	12.71ab	11.68a	16.23ab	5.86ab	2.91b	1278.00ab	25.20a
B1S2	-	76.02a	10.86c	9.98b	13.67de	4.28c	3.02ab	955.08 dc	23.68b
B2S1	-	78.90a	13.27a	11.92a	16.43a	6.28a	3.13ab	1372.66a	25.21a
B2S2	-	78.45a	14.04a	12.07a	14.57dc	6.11a	3.05ab	359.28a	25.26a
B3S1	-	76.68a	11.13bc	9.90b	12.93e	3.74c	2.97ab	832.17d	25.45a
B3S2	-	78.45a	10.83c	9.84b	15.06bc	5.13b	3.28a	1100.31bc	23.49b
Priming × Spray									
P1S1	-	78.76a	12.23b	11.07b	14.51b	5.10bc	2.96b	1112.69bc	24.92ab
P1S2	-	77.34a	14.10a	12.50a	13.96b	5.81ab	3.02b	1159.82ab	24.22bc
P2S1	-	77.52a	10.58cd	9.58c	15.94a	6.03a	3.01b	1321.85a	25.67a
P2S2	-	75.95a	10.43d	9.31c	12.20c	3.71b	3.36a	827.47d	24.10c
P3S1	-	79.16a	12.44b	10.98b	14.94a	4.31dc	3.05ab	954.22dc	25.54a
P3S2	-	77.92a	11.90bcd	10.97b	16.10a	5.69ab	3.07ab	1356.66a	23.31d

B1 (without biochar) عدم مصرف بیوچار
P1 (without priming):بدون پرایمینگ
B2 (application of 5 t/ha biochar) مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار
P2 (priming with distillate water) پرایمینگ با آب مقطر
B3 (application of 10 t/ha biochar) مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار
P3 (priming with salicylic acid) پرایمینگ با سالیسیلیک اسید
S1 (spray with water) محلول‌پاشی با آب معمولی
S2 (spray with salicylic acid) محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by at least one the same letter in each column and each factor, are non- significantly different (P = 0.05) according to Duncan’s multiple range test.

تیمارهای ذکر شده به‌ترتیب تعداد طبق در بوته را نسبت به تیمار شاهد ۳۹/۶، ۳۴، ۱۸/۸ و ۱۶ درصد افزایش دادند (جدول ۶). در الگوی کشت ذرت– گندم، در گندم با مصرف ۲۵ تن در هکتار بیوچار، تعداد سنبله در مترمربع ۶/۶۴، تعداد دانه در سنبله ۵/۶، وزن هزار دانه ۳/۷۳، عملکرد دانه ۹/۹۶ و عملکرد زیستی ۱۵/۳۶ درصد نسبت به تیمارهای بدون مصرف بیوچار افزایش یافت (Ali *et al*., 2015).

تعداد طبق بارور در بوته

اثر ساده پرایمینگ و اثر متقابل پرایمنگ و محلول‌پاشی بر تعداد طبق بارور در بوته در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل بیوچار و پرایمینگ بر تعداد طبق بارور در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل بیوچار و پرایمینگ نشان داد که با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار همراه پرایمینگ با آب، عدم مصرف بیوچار همراه پرایمینگ با آب و تیمار مصرف ۵ تن درهکتار بیوچار و بدون پرایمینگ بذر، تعداد طبق بارور در بوته به‌ترتیب نسبت به شاهد (عدم مصرف بیوچار و عدم آماده‌سازی بذر) ۱۷/۸، ۱۱/۷ و ۹/۱ درصد افزایش یافت. همچنین نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین تعداد طبق بارور از تیمار پرایمینگ با آب همراه محلول‌پاشی با آب حاصل شد که تعداد طبق بارور در بوته را نسبت به شاهد ۱۳/۹ درصد افزایش داد (جدول ۵).

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل سه‌گانه صفات اندازه‌گیری شده گلرنگ تحت تاثیر کاربرد بیوچار، پرایمینگ بذر و محلول‌پاشی

Table 6- Mean comparisons of three-way interaction factors the measured traits in safflower under application of biochar, seed priming and foliar application

تیمارهای آزمایشی Experimental treatment	ارتفاع بوته Plant height(cm)	تعداد طبق در بوته Number of head per plant	تعداد طبق بارور در بوته Number of fertile head per plant	تعدا دانه در طبق Number of grain per head	وزن دانه در بوته Weight of grain per plant (g)	وزن صد دانه 100 Kernel weight(g)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})	درصد روغن Oil percentage (%)
Biochar × Priming × Spray								
B1P1S1	81.10a	16.21a-d	11.65bcd	17.80bc	6.35bc	2.74c	1346.1bcd	24.04 e-h
B1P1S2	78.66ab	12.95def	10.15d-f	15.42def	5.02 cde	3.00bc	1117.6cde	24.82d-g
B1P2S1	76.80ab	17.14abc	13.23 ab	16.32cde	6.39bc	2.98bc	1420.4 bc	26.30 ab
B1P2S2	75.06ab	12.64ef	11.13 b-e	12.53g-i	4.16 efg	3.11abc	929.2 ef	24.55 d-g
B1P3S1	78.13ab	12.51ef	10.16 c-f	14.58efg	4.85 c-f	3.02bc	1067.6 c-f	25.16 a-f
B1P3S2	74.33ab	9.61f	8.66 ef	13.05 f-i	3.68efg	2.94bc	818.4 ef	21.69i
B2P1S1	77.33ab	14.18cde	11.30 bcd	11.80i	4.96cde	3.40ab	1102.4c-f	25.57a-d
B2P1S2	74.80ab	17.86ab	12.50 bc	12.07 hi	6.29bc	3.13abc	1398.7bcd	23.89g-f
B2P2S1	80.93a	18.82a	15.33a	20.47 a	9.22a	2.92bc	1976.1a	24.93b-g
B2P2S2	81.10a	12.37ef	10.36c-f	15.32def	4.68 d-g	3.04abc	1039.6efd	26.50a
B2P3S1	78.43ab	11.67ef	9.13 def	17.03bcd	4.67d-g	3.08abc	1039.5 def	25.13a-f
B2P3S2	79.46a	18.21ab	13.36 ab	16.32cde	7.37 b	2.98bc	1639.6 b	25.40a-e
B3P1S1	77.86ab	12.32ef	9.96d-f	13.93e-i	4.00 efg	2.74c	889.6 ef	25.16a-f
B3P1S2	78.56ab	12.40ef	10.56 c-f	14.38e-h	6.11bcd	2.94bc	963.2 ef	23.96e-h
B3P2S1	71.26b	13.82cde	11.10b-e	11.66i	3.82 efg	3.11abc	851.3 ef	24.97 b-g
B3P2S2	76.83ab	10.20f	8.03f	11.86i	3.26 g	3.62a	725.8f	23.66 gh
B3P3S1	80.93a	9.73f	8.63ef	13.22 f-i	3.40 fg	3.06abc	755.6ef	26.24 abc
B3P3S2	79.96a	14.95b-e	10.93b-e	18.93 ab	6.03bcd	3.29abc	1612.0b	22.85 hi

B1 (without biochar) عدم مصرف بیوچار — P1 (without priming):بدون پرایمینگ

B2 (application of 5 t/ha biochar) مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار — P2 (priming with distillate water) پرایمینگ با آب مقطر

B3 (application of 10 t/ha biochar) مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار — P3 (priming with salicylic acid) پرایمینگ با سالیسیلیک اسید

S1 (spray with water) محلول‌پاشی با آب معمولی — S2 (spray with salicylic acid) محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید

میانگین‌های با حداقل یک حرف مشابه در هر ستون و برای هر عامل، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by at least one the same letter in each column and each factor, are non- significantly different (P = 0.05) according to Duncan's multiple range test.

وزن دانه در بوته

اثر ساده بیوچار و اثر متقابل بیوچار و محلول‌پاشی و همچنین پرایمینگ و محلول‌پاشی بر وزن دانه در بوته در سطح احتمال یک درصد و اثر متقابل دوگانه بیوچار و پرایمینگ بر وزن دانه در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل بیوچار در پرایمینگ (جدول ۵) نشان داد که با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار توام با پرایمینگ با آب مقطر یا سالیسیلیک اسید، وزن دانه در بوته به‌ترتیب ۲۳/۶ و ۷/۱ درصد افزایش یافت. نتایج اثر متقابل بیوچار و محلول‌پاشی نشان داد که در سطوح عدم مصرف بیوچار و مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار، محلول‌پاشی با آب تأثیر بیشتری بر وزن دانه در بوته داشت ولی با مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید موثرتر بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و محلول‌پاشی نشان داد که بیشترین وزن دانه در بوته از پرایمنگ با آب همراه با محلول‌پاشی با آب حاصل شد که با تیمارهای بدون پرایمینگ و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و پرایمینگ با سالیسیلیک اسید و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول ۵). محققان گزارش نمودند که سالیسلیک اسید و استیل سالیسیلیک اسید در غلظت‌های ۰/۱ و ۰/۵ میلی‌مول باعث محافظت گیاهان گوجه‌فرنگی و لوبیا در برابر تنش خشکی شد و از طرفی رشد و عملکرد گیاهان را در چنین شرایطی افزایش داد (Senaratna *et al*., 2000). علت افزایش عملکرد ناشی از هیدروپرایمینگ می‌تواند مربوط به استقرار سریع‌تر گیاهان (Ashraf and Foolad, 2005) و استفاده بهتر از مواد غذایی، رطوبت موجود در خاک و انرژی خورشیدی باشد (Subedi and Ma, 2005). گزارش شده است که در اثر پرایمینگ در نخود انتقال مواد حاصل از فتوسنتز به اندام‌های زایشی افزایش می‌یابد، در تحقیق مذکور ذکر شده است در قسمت‌های میانگره بوته، مقدار فعالیت آنزیم اسید اینورتاز کاهش یافت که بیانگر کاهش هیدرولیز ساکارز در طول انتقال در ساقه می‌باشد و از این طریق انتقال ساکارز در مخازن بیشتر می‌شود. بنابراین به نظر می‌رسد وقتی ترکیبات آلی بیشتری به غلاف‌ها انتقال می‌یابد، امکان افزایش تخمک‌های بیشتری در آنها فراهم می‌شود (Kaur *et al*., 2005).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر ساده بیوچار و اثر متقابل دوگانه عوامل آزمایش بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار همراه پرایمینگ با آب مقطر و سالیسیلیک اسید عملکرد دانه به‌ترتیب ۲۲/۴ و ۸/۷ درصد نسبت به شاهد (B1P1) افزایش یافت. البته مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار توام با محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نشان نداد (جدول ۵). نتایج اثر متقابل بیوچار و محلول‌پاشی نشان داد که با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار همراه محلول‌پاشی با آب مقطر یا سالیسیلیک اسید عملکرد دانه نسبت به شاهد (B1S1) افزایش نشان داد ولی معنی‌دار نبود در صورتی‌که با مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار و محلول‌پاشی با آب عملکرد دانه به‌طور معنی‌دار کاهش یافت اما با مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار توام با محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید عملکرد دانه نسبت به شاهد کاهش یافت ولی معنی‌دار نبود. نتایج مقایسه میانگین پرایمینگ توأم با محلول‌پاشی نشان داد که با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار همراه محلول‌پاشی با آب و همچنین مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار همراه محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید، عملکرد دانه نسبت به شاهد به‌ترتیب ۱۸/۷ و ۲۱/۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). افزایش عملکرد دانه در برنج و سورگوم با مصرف بیوچار گزارش شده است (Steiner *et al*., 2007). بیوچار به‌طور موثری آمونیاک را جذب می‌کند و در خاک به‌عنوان یک نگهدارنده برای آمونیاک عمل می‌کند، بنابراین باعث کاهش فراریت آمونیاک و افزایش کارایی مصرف نیتروژن می‌شود لذا از این طریق عملکرد محصول علوفه و بیوماس را افزایش می‌دهد (Oya and Iu, 2002). گزارش شده است در شرایط آبیاری مطلوب، بیشترین مقادیر شاخص‌های رشد و عملکرد دانه در گلرنگ از بذور پیش‌تیمار شده با ۲۸۰۰ میکرومول سالیسیلیک اسید حاصل شد ولی در شرایط تنش پس از گلدهی، گیاهانی که بذور آنها با ۱۴۰۰ میکرومول پیش‌تیمار شده بودند از عملکرد بهتری برخوردار بودند (Baljain and Shekari, 2012). گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید در گیاه جو قبل از تنش، اثر سوء ناشی از تنش کمبود آب بر روی غشاء سلولی در برگ‌ها را کاهش داد. سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای آبسیزیک اسید و پرولین در جو وحشی شد، در تحقیق مذکور ذکر شده است که آبسیزیک اسید و پرولین می‌تواند به توسعه واکنش‌های ضد تنشی القاء شده به‌وسیله آبسیزیک اسید کمک کنند (Bandurska and Stroinski, 2005).

درصد روغن

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر محلول‌پاشی و اثر متقابل بیوچار در محلول‌پاشی، پرایمینگ در محلول‌پاشی و اثر متقابل سه‌گانه تیمارها بر درصد روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج نشان داد محلول‌پاشی با آب میزان روغن دانه را نسبت به محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید ۴/۷ درصد افزایش داد (جدول ۴). نتایج اثر دوگانه تیمارها نشان داد که در سطح عدم مصرف بیوچار و مصرف ۱۰ تن در هکتار بیوچار، محلول‌پاشی با آب نسبت به سالیسیلیک اسید، درصد روغن را افزایش داد. همچنین نتایج نشان داد در هر سطح پرایمینگ، محلول‌پاشی با آب نسبت به محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید باعث افزایش درصد روغن شد (جدول ۵). نتایج اثر متقابل سه‌گانه عوامل آزمایش نشان داد که بیشترین درصد روغن به‌ترتیب از تیمار مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار، پرایمینگ با آب و محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید و تیمار عدم مصرف بیوچار، پرایمینگ با آب و محلول‌پاشی با آب حاصل شد (جدول ۶).

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که پرایمینگ بذر توام با محلول‌پاشی با آب تعداد طبق بارور در بوته را افزایش داد. بیشترین مقادیر تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه از مصرف پنج تن در هکتار بیوچار توام با پرایمینگ با آب حاصل شد. بنابراین نتایج کلی این تحقیق نشان داد که پرایمینگ بذر با آب یا سالیسیلیک اسید توأم با مصرف ۵ تن در هکتار بیوچار و محلول‌پاشی با آب طی دو مرحله در طول دوره رشد باعث بهبود صفات زراعی و عملکرد دانه شد.

References

1. Abd El-Wahed, M. S. A., Amin, A. A., and Rashad, El-Sh. M. 2006. Physiological effect of some bioregulators on vegetative growth, yield and chemical constituents of yellow maize plants. World Journal Agricultural Science 2 (2): 149-155.
2. Aboutalebian, M. 2005. Osmotic priming of seeds of some wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.) in warm, temperate and cold regions of Iran a means of enhancing seed vigour under unsuitable conditions. Thesis of PhD, Tehran University.
3. Ali, K., Arif, M., Jan, M. T., Yaseen, T., Waqasl, M., and Munsif, F. 2015. Biochar: a novel tool to enhance wheat productivity and soil fertility on sustainable basis under wheat-maize-wheat cropping pattern. Pakistan Journal of Botany 47 (3): 1023-1031.

4. Arif, M., Ali, A., Umair, M., Munsif, F., Inamullah, K. A., Saleem, M., and Ayub, G. 2012. Effect of biochar FYM and mineral nitrogen alone and in combination on yield and yield components of maize. Sarhad Journal of Agricultural 28 (2):191-195.
5. Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2005. Pre-sowing seed treatment – A shot-gun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. Advances in Agronomy 88: 223- 271.
6. Atkinson, C. J., Fitzgerald, J. D., and Hipps, N. A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. Plant and Soil 337: 1-18.
7. Baljain, R., and Shekari, F. 2012. Effects of priming by salicylic acid on yield and growth indices of safflower (*Carthamus tinctorus* L.) plants under end season drought stress. Sustainable Agriculture and Production Science, 22 (1): 87-107.
8. Bandurska, H., and Stroinski, A. 2005. The effect of salicylic acid on barley response to water deficit. Acta Physiologiae Plantarum 27: 379-386.
9. Basra, S. M. A., Pannu, I. A., and Afzal, I. 2003. Evaluation of seedling vigour of hydro and matriprimed wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. International Journal of Agriculture and Biology 2: 121-123.
10. Blackwell, P., Reithmuller, G., and Collins, M. 2009. Biochar applications to soil. In Biochar for environmental management: sci and tech. Eds. J. Lehmann and S. Joseph. Earthscan, London; Sterling, VA. pp. 207-226.
11. Bray, C. M. Davison, P. A., Ashraf, M., and Taylor, R. M. 1989. Biochemical events during osmopriming of leek seed. Annals Applied Biology 102: 185-193.
12. Cornelissen, G., Martinsen, V., Shitumbanuma, V., Alling, V., Breedveld, G. D., Rutherford, D. W., Sparrevik, M., Hale, S. E., Obia, A., and Mulde, J. 2013. Biochar effect on maize yield and soil characteristics in five conservation farming sites in Zambia. Agronomy 3: 256-274.
13. Dai, Z., Zhang, X., Tang, C., Muhammad, N., Wu, J., Brookes, P. C., Xu, J. 2017. Potential role of biochars in decreasing soil acidification-a critical review. Sci. Total Environ.
14. Das, R. Ch., Somanagouda, G., and Singh. B. 2017. Effect of integrated nutrient management (INM) practices on growth, yield and oil yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences 6 (4): 511-516.
15. Delavari, P. M., Baghizadeh, A., Enteshari, Sh., Kalantari, Kh. M., Yazdanpanah, A., and Mousavi, E. A. 2010. The Effects of salicylic acid on some of biochemical and morphological characteristic of *Ocimum basilicum* under salinity stress. Australian Journal of Basic and Applied Science 4 (10): 4832-4845.
16. El-Khallal, S. M., Hathout, T. A., Abd El Raheim, A., Ashour, A., and Kerrit A. A. 2009. Brassinolide and salicylic acid induced growth, biochemical activities and productivity of maize plants grown under salt stress. Research Journal Agriculture Biological Sciences 5 (4): 380-390.
17. Gul, S., Whalen, J. K., 2016. Biochemical cycling of nitrogen and phosphorus in biocharamended soils - review paper. Soil Biol. Biochem 103: 1-15.
18. Harris, D. 2006. Development and testing of 'on-farm' seed priming. Advances in Agronomy 90: 129-178.
19. Kaur, S., Gupta, A. K., and Kaur, N. 2005. Seed priming increases crop yield possibly by modulating Enzymes of sucrose metabolism in chickpea. Journal of Agronomy and Crop science191: 81-87.
20. Khan, W., Balakrishnan, P., and Smith, D. L. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. Journal of Plant Physiology160 (5): 485-492.
21. Liu, Z., Chen, X., Jing, Y., Li, Q., Zhang, J., and Huang, Q. 2014. Effects of biochar amendment on rapeseed and sweet potato yields and water stable aggregate in upland red soil. Catena 123: 45-51.
22. Larque-Saavedra, A. 1979. Stomatal closure in response to acetylsalicylic acid treatment. Zeitschriftfur. Pflanzenphysiologie 93: 371-375.
23. Lehmann, J., and Joseph, S. 2009.Biochar for environmental management: an introduction. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science and Technology. Earthscan, London, pp. 1e12.
24. Lu, S. G., Sun, F. F., Zong, Y. T., 2014. Effect of rice husk biochar and coal fly ash on some physical properties of expansive clayey soil (Vertisol). Catena 114: 37-44.
25. Mansouri, B., and Aboutalebian, M. A. 2013. Effect of on-farm seed priming and supplementary irrigation on emergence rate, yield and yield components of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. Journal of Plant Production 20 (2).
26. MiarSadegi, S., Shekari, F., Fotovet, R., and Zangani, E. 2010. The Effect of priming by salicylic acid on vigor and seedling growth of canola (*Brassica napus*) under water deficit condition. Journal of Plant Biology 2 (6): 55-70.
27. Omidi, A. H., Khazaei, H., Monneux, P., and Stoddard, F. 2012. Effect of Cultivar and water regime on yield and yield components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.).Turkish Journal of Field Crops 17 (1): 10-15.
28. Omondi, M. O., Xia, X., Nahayo, A., Liu, X., Korai, P. K., and Pan, G., 2016. Quantification of biochar effects on soil hydrological properties using meta-analysis of literature data. Geoderma 274: 28-34.
29. Oya, A., and Lu, W. G. 2002. Deodorization performance of charcoal particles loaded with orthophosphoric acid against ammonia and trimethylamine. Carbon 40 (9): 1391-399.

30. Pirasteh Anosheh, H., Emam, Y., Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2012. Exogenous application of salicylic acid and chlormequat chloride alleviates negative effects of drought stress in wheat. Advanced Studies in Biology 11: 501-520.
31. Patade, V. Y., Maya, K., and Zakwan, A. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. Research Journal of Seed Science 4 (3): 125-136.
32. Rab, A., Khan, M. R., Haq, S. U., Zahid, S., Asim, M., Afridi, M. Z., Arif, M., and Munsif, F. 2016. Impact of biochar on mung bean yield and yield components. Pure and Applied Biology 5 (3): 632-640.
33. Sakhabutidnova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V., and Shakirova, F. M. 2003. Salicylic acid prevents the damage action of stress factors on wheat plants. Plant Physiology. Special Issue (5): 314-319.
34. Sharma, R., Kwon, E. H., and Ganeshan, K. P. 1993. Response of soybean (*Glycine max* L.) to seed priming with salicylic acid. Indian Journal of Ecology 20: 27-29.
35. Saxena, J., Rana, G., and Pandey, M. 2013. Impact of addition of biochar along with *Bacillus* sp on growth and yield of French beans. ScientiaHorticulturae 162: 351-356.
36. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., and Dixon, K. 2000. Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regulation 30: 157-161.
37. Soliman, M. H., Al-Juhani, R. S., Hashash, M. A., and Al-juhani, F. M. 2016. Effect of Seed Priming with Salicylic Acid on Seed Germination and Seedling Growth of Broad bean (*Vicia faba* L.). International Journal of Agricultural Technology 12 (6): 1125-1138.
38. Soltani, A., Gholipoor, M., and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany 55: 195-200.
39. Steiner, C., Teixeira, W. G., Lehmann, J., Nehls, T., de Macedo, J. L. V., Blum, W. E. H., and Zech, W. 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered central amazonian upland soil. Plant Soil 291: 275-290.
40. Subedi, K. D., and Ma, B. L. 2005. Seed priming does not improve corn yield in a humid temperate environment. Agro. J. 97: 211-218.
41. Weinberg, Z. G., Landau, S. A., Chen Bar-Tal, Y., Gamburg, M., Brener, S., and Dvash, L. 2005. Ensiling safflower (*Carthamustinctorius* L.) as an alternative winter forage crop. Proceedings of the 15th International Conference, Belfast, Northern Ireland, (ICBNI'05), Wageningen Academic Publ., Wagening, the Netherlands, pp: 169-169**.**

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 17, No. 2, Summer. 2019, p. 305-316

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۷، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸، ص. ۳۱۶-۳۰۵

Effects of Biochar, Seed Priming and Foliar Application of Water and Salicylic Acid on Yield of Rainfed Safflower

A. Sajedi[1*], N. A. Sajedi[2]

Received: 31-07-2018
Accepted: 13-11-2018

Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is one of the oldest seed oil crops cultivated and is known for drought tolerance due to partially xerophytes nature, as well as deep and extensive root system making efficient use of reserved soil moisture. Seed germination depends on environmental factors especially temperature and humidity. Seed priming is one of the current methods for increasing the rate, percentage, germination uniformity and seed emergence under environmental undesirable. Seed priming with plant growth regulators especially salicylic acid improved quality and seed yield. Salicylic acid acts as anti-transpiration and inhibited from open stomata. Salicylic acid plays an important role in plant consistency to osmotic stress, high salinity, oxidative stress, high temperature, and freezing stress. Biochar is created by pyrolysis of natural materials. Biochar increased the soil porosity and therefore improved water retention capacity in soil. It was reported that application of 2.5, 5, 10, 20, 30 and 40 t/ha biochar increased canola yield by 16.21, 21.15, 27.99, 24.60, 33.20 and 36.02% compared with control, respectively.

Materials and Methods

To evaluate the effect of biochar and seed priming with salicylic acid and water along with foliar application on yield, yield components and oil percentage of safflower in rain fed condition, an experiment was performed as split- split plot based on randomized complete blocks design in three replications, at the Research Station of Islamic Azad University, Arak Branch, Iran, during 2016-2017. Experiment factors were included biochar in three levels of 0, 5 and 10 t/ha; seed priming in three levels of zero priming, priming with water distillation and seed priming with 0.5mM salicylic acid and foliar application in two levels of foliar application with water and 1 mM salicylic acid. Seeds primed for 12 hr at distilled water and salicylic acid solutions then dried at shade. Biochar was applied at 15 cm depth and under the seed, before sowing. Each experimental plot included 30cm spacing rows with 15cm spacing between plants in rows. The safflower cultivar was 'Esfahan native'. The seeds were sown at 3-4 cm depth in middle of March 2016. The assay for agronomic traits, yield and yield components was determined from 10 plants. Data were subjected to analysis of variance using SAS. The Duncan's multiple range test at 5% the confidence level were used to compare means.

Results and Discussion

Results showed that the application of 5 and 10 t/ha biochar increased seedling emergence percentage by 23.7 and 40.4% compared to control. Increasing of seedling emergence percentage by seed priming can be due to repair of deteriorated seed, improve DNA representation and decrease of germination base temperature. Application of 5 t/ha biochar increased the number of heads per plant by 15.9% compared to control. Seed priming with distilled water increased the number of heads per plant by 7% compared to control. Seed priming with water distilled along with the foliar application by water increased number of fertile heads per plant by 13.9 percentages as compared with control. The highest number of seeds per head was recorded by the application of 5 t/ha biochar and seed priming with water distillate. Application of 10 t/ha biochar combined with foliar application of salicylic acid, 5 t/ha biochar combined with foliar application of water and application of 10 t/ha biochar combined with foliar application of water increased the number of seeds per head by 13.4, 9.8 and 2.9 compared with control, respectively. The maximum of the 100-grain weight obtained from the application of 10 t/ha biochar combined with seed priming by distilled water that increased the 100-grain weight by 17.4% as compared with control. Application of 5 t/ha biochar along with seed priming with water or salicylic acid increased seed yield by 22.4 and 8.7% compared to control, respectively. Application of 5 t/ha biochar combined with a spray of water or 10 t/ha biochar along with the foliar application of salicylic acid increased grain yield by 18.7 and 21.9% compared with control, respectively. Increasing grain yield in rice and sorghum

1- Young Researchers and Elite Club, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and plant breeding, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
(*- Corresponding Author Email: abdollahsajedi@yahoo.com)

by biochar was reported. The highest oil percentage was obtained from the application of 5 t/ha biochar and seed priming with water along with the foliar application of salicylic acid.

Conclusions

In general, it is concluded that seed priming by water or salicylic acid along with the application of 5 t/ha biochar combined with foliar application of water in two stages in the duration of growth improved agronomic traits and grain yield of safflower in Rain-fed Condition.

Keywords: Dryland farming, Oil percentage, Oil seed, Seed pre-treatment, Yield components